

Analisis Kapasitas Simpan Air di Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor

(Analysis of Water Storage Capacity in Cibinong District, Bogor Regency)

Grace Natalia¹, Nora Herdiana Pandjaitan^{2*}

^{1,2} Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

* Penulis korespondensi: norahp@apps.ipb.ac.id

Diterima: 27 Maret 2019

Disetujui: 20 April 2019

ABSTRACT

Land use changes could affect water supply of the area. Water storage capacity was an aspect in water balance study that showed water availability. The purposes of this research were to calculate water supply potency and analyze water storage capacity in Cibinong district. This research had been conducted since April-July 2017. Data used were climate factors, population density, and land use map. Penman-Monteith method in CROPWAT was used for calculation. Cibinong land use map analysis showed water storage capacity in Cibinong district decreased from 70.01 mm to 64.54 mm since 2013 until 2015. Supply/demand ratio was 0.14, showed that the status of carrying capacity based on water balance was overshoot. Carrying capacity could be improved by building biopore infiltration holes and increasing urban open spaces.

Key words: evapotranspiration, land use, water storage capacity

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan berupa perubahan tata guna lahan seringkali tidak disertai dengan tindakan pencegahan kerusakan lahan, sehingga lahan semakin terdegradasi yang ditandai dengan tingginya tingkat erosi dan sedimentasi serta rendahnya tingkat resapan air hujan. Alih fungsi lahan oleh manusia umumnya mengubah vegetasi dan pengelolaan lahan. Kedua faktor ini memberikan memberikan kontribusi terbesar terhadap besarnya erosi yang terjadi (Komaruddin 2008). Selain erosi alih fungsi lahan juga berpengaruh terhadap degradasi sumberdaya air. Kebutuhan air meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, tetapi air yang tersedia menurun. Hal ini disebabkan terjadinya perubahan kapasitas simpan air. Perubahan kapasitas simpan air

merupakan masalah krusial, terlebih di daerah tangkapan air.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menganalisis kapasitas simpan air di Kecamatan Cibinong dan status daya dukung lingkungan berbasis neraca air di Kecamatan Cibinong. Hasil analisis diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan upaya peningkatan daya dukung lingkungan Kecamatan Cibinong.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada rentang waktu April - Juli 2017. Lokasi yang menjadi objek penelitian adalah Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor. Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian antara lain komputer yang dilengkapi dengan program *Microsoft Excel*, *ArcGIS 9.3* dan *CROPWAT 8.0*, dan data sekunder yang meliputi data peta

tata guna lahan Kecamatan Cibinong tahun 2013 dan 2015, data data iklim (curah hujan, suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari, serta kecepatan angin) periode tahun 2007-2016, serta data jumlah penduduk Kecamatan Cibinong. Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Studi pustaka
2. Pengumpulan data dan informasi
3. Pengolahan data
 1. Identifikasi penutupan lahan pada Kecamatan Cibinong.
 2. Menghitung curah hujan andalan dengan metode Weibull. Perhitungan CH_{andalan} dengan metode Weibull, persamaan (1).

$$P = \frac{m}{(n+1)} \quad (1)$$

Keterangan:

P : Peluang

m : Urutan kejadian menurut besarnya

n : Jumlah tahun pengukuran

3. Menghitung E_{To} dan E_{Tc} dengan CROPWAT (metode Penmann).
Perhitungan nilai evapotranspirasi (E_{To}) dengan metode Penman-Monteith menggunakan *software* CROPWAT. Setelah E_{To} diperoleh, perhitungan dilanjutkan dengan mencari nilai evapotranspirasi potensial (E_{Tc}) melalui persamaan (2).

$$E_{Tc} = K_c \cdot E_{To} \quad (2)$$

Keterangan:

E_{Tc} : Evapotranspirasi potensial tanaman (mm/hari)

K_c : koefisien pertanian

4. Menghitung selisih P dengan ETP
5. Menghitung *accumulated potential water losses* (APWL).
6. Menghitung kapasitas simpan air (*water storage capacity*)

Tabel penyimpanan air memberikan nilai penyimpanan air dalam tanah setelah dikurangi dengan akumulasi kehilangan air yang terjadi. Nilai yang terdapat pada tabel tersebut bergantung pada kapasitas cadangan lengas tanah dan kedalaman akar. Nilai kapasitas cadangan lengas tanah ditentukan pada Lampiran 1. ST_o kemudian ditentukan dengan persamaan (3).

$$ST_o = (KL_{fc} - KL_{wp}) \times dZ \quad (3)$$

Keterangan :

ST_o : kapasitas simpanan air tanah (mm)

KL_{fc} : kadar lengas tanah kapasitas lapang (mm)

KL_{wp} : kadar lengas tanah titik layu permanen (mm)

dZ : kedalaman jeluk tanah (mm)

7. Menghitung cadangan lengas tanah (St)

Nilai St pada awal periode dianggap sama dengan nilai St maksimum (kapasitas simpan air tanah). Selanjutnya, jika nilai $P > ETP$, nilai St tidak akan berubah. Namun, jika nilai $P < ETP$, nilai St akan ditentukan dengan persamaan (4), Jika Nilai $ST_i > ST_o$, maka $ST_i = ST_o$. Nilai *water holding capacity*/ St dihitung berdasarkan Thornthwaite dan Mather (1957) (Persamaan 4).

$$ST_i = ST_{i-1} + e^{(P-ETP)} \quad (4)$$

8. Menghitung ΔSt

Perubahan cadangan lengas tanah (ΔSt) dapat dihitung dengan persamaan (5).

$$\Delta St = St_i - St_{(i-1)} \quad (5)$$

Keterangan :

STi : cadangan lengas tanah pada bulan ke-i (mm/bulan)

ΔSt : perubahan cadangan lengas tanah (mm/bulan)

9. Menghitung evapotranspirasi aktual (ETa)

Untuk bulan basah ($P > ETp$), maka $ETa = ETp$.

Untuk bulan kering ($P < ETp$), maka $ETa = P + | - \Delta |$

10. Menghitung defisit dengan persamaan (6)

Nilai defisit air merupakan jumlah air yang perlu ditambahkan untuk memenuhi keperluan evapotranspirasi potensial (ETP) tanaman saat curah hujan lebih kecil dari evapotranspirasi actual yang ditunjukkan dengan persamaan (6).

$$D = ETP - ETa \quad (6)$$

11. Menghitung surplus

Surplus dihitung dengan persamaan (7) pada kondisi $P > ETp$.

$$S = P - ETP \times \Delta St \quad (7)$$

Keterangan:

D : defisit air (mm/bulan)

ETP : evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

ETa : evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

S : CH_{lebih} (mm/bulan)

12. Membuat kurva neraca air

13. Menghitung kontribusi nilai hasil neraca air dalam bentuk volume (m^3) beserta kurvanya.

14. Menghitung jumlah ketersediaan dan kebutuhan air menggunakan persamaan (8) (Prastowo 2010):

$$DA = N \times KHL_A \quad (8)$$

Keterangan:

DA : Total kebutuhan air (m^3 /tahun)

N : Jumlah penduduk (jiwa)

KHL_A : Kebutuhan air untuk hidup layak ($1600 m^3$ air/kapita/tahun)

15. Menetapkan status daya dukung lingkungan berbasis neraca air

Konsep status daya dukung lingkungan berbasis neraca air dinyatakan rasio *supply/demand*. Kriteria penetapan status daya dukung lingkungan (Prastowo 2010) yang disarankan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria penetapan status DDL-air

Kriteria	Status DDL-air
Rasio supply / demand > 2	Daya dukung lingkungan aman (<i>sustain</i>)
Rasio supply / demand $1 \sim 2$	Daya dukung lingkungan aman bersyarat (<i>conditional sustain</i>)
Rasio supply / demand < 1	Daya dukung lingkungan telah terlampaui (<i>overshoot</i>)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecamatan Cibinong merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bogor yang terdiri dari 12 kelurahan dengan ibukota kecamatan terletak di Kelurahan Cirimekar. Kecamatan Cibinong memiliki luas $44.39 km^2$ dengan jumlah penduduk pada tahun 2015 mencapai 398,109 jiwa (Badan Pusat Statistik Bogor 2016). Penggunaan lahan di Kecamatan Cibinong meliputi pemukiman, industri, kebun campuran, perairan darat, sawah, dan lahan terbuka. Perubahan tata guna lahan Kecamatan Cibinong selama tahun 2013-

2015 dapat dilihat pada Tabel 2 (Bappedalitbang 2013 dan 2015).

Analisis Data Curah Hujan

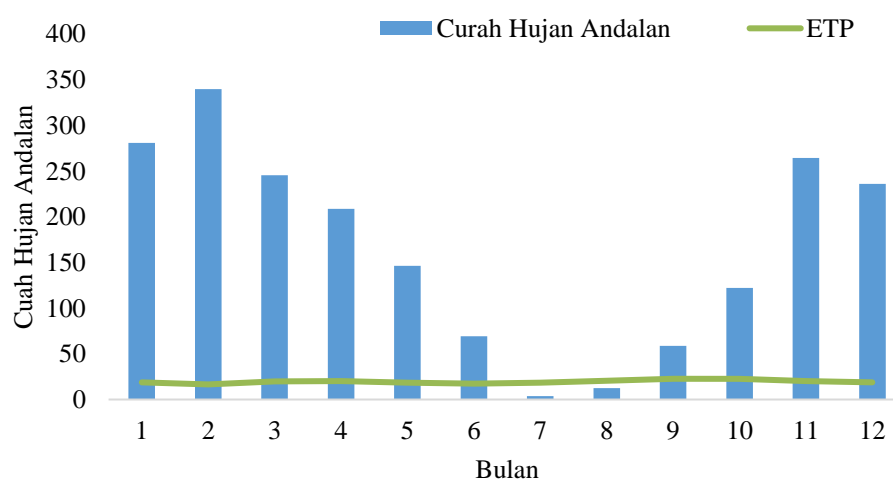
Penelitian ini menghitung kapasitas simpan air melalui perhitungan neraca air dengan curah hujan sebagai satu-satunya sumber air. Presipitasi atau curah hujan andalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan dengan peluang terlampaui 80%, yang berarti bahwa kisaran nilai curah hujan mulai dari nol hingga nilai andalan dalam satu bulan memiliki peluang terlampaui sebesar 80%. Hasil perhitungan curah

hujan andalan yang diproyeksikan dalam bentuk diagram dapat dilihat pada Gambar 2.

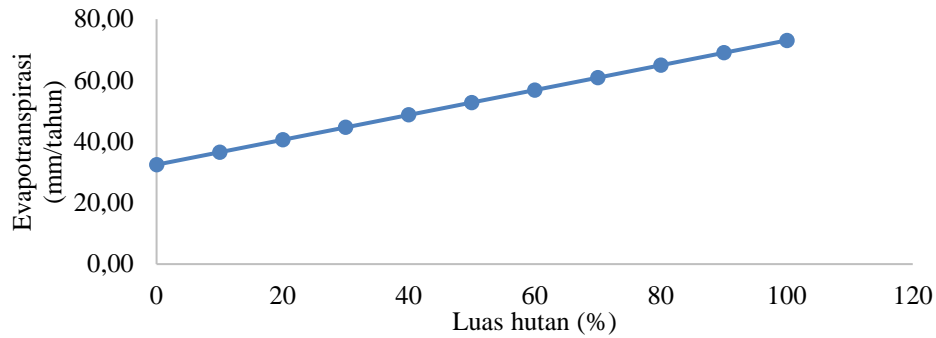
Data curah hujan andalan diolah menggunakan *software* CROPWAT untuk diperoleh data evapotranspirasi acuan (ET_o). ET_o kemudian digunakan sebagai masukan dalam perhitungan neraca air untuk mencari nilai evapotranspirasi potensial (ETP). Gambar 2 menunjukkan ETP Kecamatan Cibinong tahun 2013 dan 2015 lebih kecil dibanding curah hujan yang terjadi, kecuali pada bulan Juli dan Agustus. Hal ini menunjukkan pada kedua bulan tersebut terjadi defisit curah hujan.

Tabel 2 Perubahan tata guna lahan Kecamatan Cibinong tahun 2013-2015

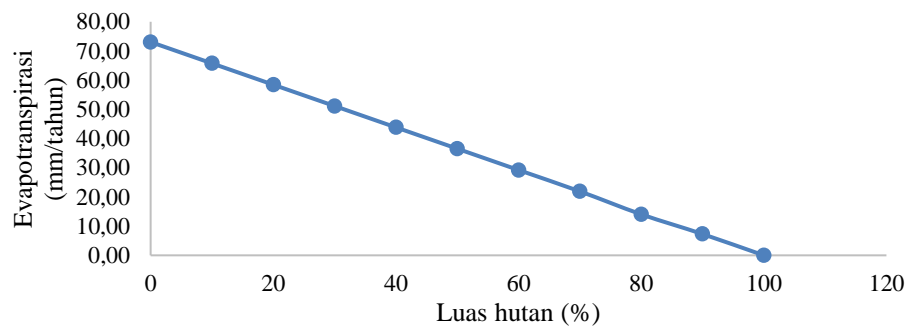
Jenis Penggunaan Lahan	2013		2015		Perubahan Luas (ha)	Keterangan
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%		
Lahan terbuka	504,14	0,11	233,30	0,00	270,84	berkurang
Sungai	26,93	0,01	21,78	0,00	5,15	berkurang
Perairan darat	40,71	0,01	38,40	0,00	2,30	berkurang
Industri	174,58	0,04	174,06	0,04	0,53	berkurang
Kebun campuran	247,68	0,06	258,30	0,06	10,62	bertambah
Sawah	302,25	0,07	350,25	0,08	48,00	bertambah
Pemukiman	2953,69	0,67	3058,72	0,69	105,03	bertambah
Tegalan	189,00	0,04	304,18	0,07	115,18	bertambah



Gambar 2 Nilai CH andalan Kecamatan Cibinong peluang 80% dan ETP



Gambar 3 Nilai ETP komposisi luas hutan 0-100%



Gambar 4 Nilai ETP komposisi luas pemukiman 0-100%

ETP juga dipengaruhi oleh koefisien tanaman (K_c). ETP yang dihitung pada penelitian ini tidak hanya ETP riil Kecamatan Cibinong, tetapi juga dihitung ETP untuk presentasi luas hutan 0-100% dan ETP untuk pemukiman presentase 0-100. Nilai ETP berdasarkan presentase luas hutan dan luas pemukiman dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Gambar 3 menunjukkan nilai ETP berbanding lurus dengan presentase luas hutan, sedangkan Gambar 4 menunjukkan nilai ETP berbanding terbalik dengan luas pemukiman.

Kapasitas Simpan Air

Kapasitas simpan air (ST_o) merupakan besaran yang menunjukkan jumlah air tersedia di dalam suatu batasan ruang tertentu, yang merupakan hasil interaksi antara aliran masuk dan aliran keluar pada ruang tersebut. Menurut Thornthwaite dan Mather (1957), kapasitas simpan air tanah bergantung

pada dua faktor yaitu jenis dan struktur tanah serta jenis tanaman/tutupan lahan yang terdapat pada permukaan tanah tersebut. Hasil perhitungan perubahan kapasitas simpan air Kecamatan Cibinong tahun 2013-2015 dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas simpan air Kecamatan Cibinong tahun 2013 sebesar 70,01 mm atau sebesar 3,107,712.05 m³/tahun, sedangkan kapasitas simpan air di tahun 2015 sebesar 64,54 mm atau setara dengan 2,865,101.03 m³/tahun. Hasil tersebut menunjukkan terjadi penurunan kapasitas simpan air sebesar 5,47 mm atau setara dengan 242,611.02 m³/tahun. Penurunan tersebut dipengaruhi oleh penurunan penggunaan lahan untuk lahan terbuka, industri, sungai, dan perairan darat serta peningkatan penggunaan lahan untuk vegetasi seperti, kebun campuran, sawah, dan tegalan.

Tabel 3 Perubahan kapasitas simpan air Kecamatan Cibinong 2013-2015

Penggunaan lahan	2013			2015		
	luas (ha)	nilai kapasitas simpan air		luas (ha)	nilai kapasitas simpan air	
		Sto (mm)	Sto*A		Sto (mm)	Sto*A
Lahan terbuka	504.14	250	126,035.00	233.3	250	58,325.00
Sungai	26.93	0	0.00	21.78	0	0.00
Perairan darat	40.71	0	0.00	38.4	0	0.00
Industri	174.58	0	0.00	174.06	0	0.00
Kebun campuran	247.68	250	61,920.00	258.3	250	64,575.00
Sawah	302.25	250	75,562.50	350.25	250	87,562.50
Permukiman	2953.69	0	0.00	3058.72	0	0.00
Tegalan	189	250	47,250.00	304.18	250	76,045.00
Total	4,438.98	1,000.00	310,767.50	4,438.99	1,000.00	286,507.50
STO _{tertimbang} (mm)			70.01			64.54

Tabel 4 Hasil perhitungan neraca air Kecamatan Cibinong

Parameter (mm)	2013	2015
Presipitasi	1,987.74	1,987.74
Eto	974.12	974.12
ETP	224.05	214.31
P – ETP	1,763.69	1,773.43
T aktual	224.05	214.31
Defisit	4.00	2.51
Surplus	1,784.44	1,792.57
Runoff	196.29	197.18
Kapasitas pengisian air tanah	1,588.15	1,595.38

Analisis Neraca Air

Perhitungan dan analisis neraca air dilakukan untuk memberikan gambaran umum keadaan air Kecamatan Cibinong. Hasil perhitungan neraca air Kecamatan Cibinong dapat dilihat pada Tabel 4.

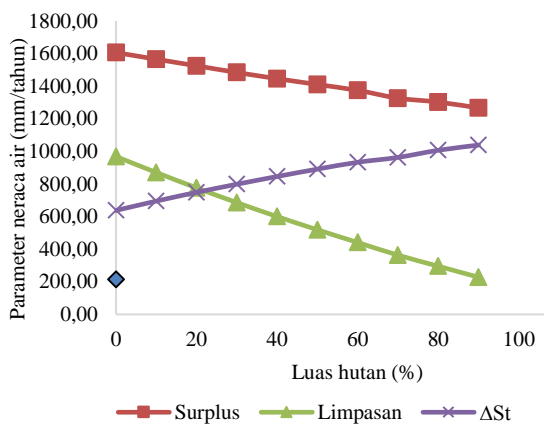
Tabel 4 menunjukkan terjadi defisit air di tahun 2015 sebesar 4.41 mm. Defisit tersebut terjadi di bulan Juli dan Agustus, ketika curah hujan andalan kurang dari evapotranspirasi potensial. Kebutuhan air pada kedua bulan tersebut dapat dipenuhi oleh surplus air di bulan-bulan sebelumnya. Surplus air berbeda dengan simpanan air karena tidak semua curah hujan berlebih akan menjadi air

tanah. Curah hujan berlebih sebagian akan terserap ke dalam tanah dan sisanya menjadi limpasan.

ETP juga dipengaruhi oleh koefisien tanaman (K_c). ETP yang dihitung pada penelitian ini tidak hanya ETP riil Kecamatan Cibinong, tetapi juga ETP untuk presentasi luas hutan 0-100% dan ETP untuk pemukiman presentase 0-100. Nilai ETP berdasarkan presentase luas hutan dan luas pemukiman dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 5 menunjukkan hubungan nilai CH_{lebih} , limpasan, dan pengisian air tanah dengan perubahan luas hutan. Kurva menunjukkan CH_{lebih} dan limpasan

berbanding terbalik dengan luas hutan sedangkan pengisian air tanah berbanding lurus dengan luas hutan. Perbandingan ideal antara limpasan dengan pengisian air tanah adalah 50:50, yang terjadi ketika grafik limpasan berpotongan dengan grafik pengisian air tanah. Pengisian air tanah dan limpasan berpotongan pada koordinat (22.79, 757.23) menunjukkan ketika luas hutan 22.79%, surplus air yang menjadi limpasan dan air tanah sama besar. Kondisi ideal terjadi ketika pengisian air tanah lebih besar dari limpasan. Titik potong pada Gambar 5 menunjukkan bahwa untuk memenuhi kondisi ideal, luas hutan minimal di Kecamatan Cibinong harus melebihi 22.79%. Namun pada kondisi aktual, luas hutan di Kecamatan Cibinong sebesar 0% dari luas lahan total sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi di kecamatan cibinong tidak memenuhi syarat ideal.

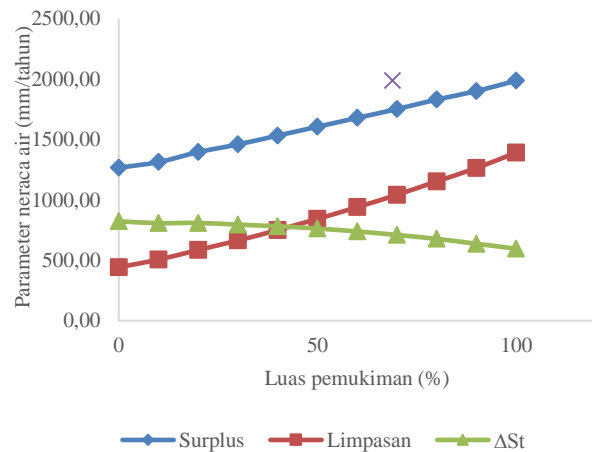


Gambar 5 Kurva neraca air komposisi hutan 0-100%

Kondisi Kecamatan Cibinong yang tidak memungkinkan pembukaan lahan untuk hutan sehingga diperlukan alternatif lain agar pengisian air tanah meningkat dan limpasan menurun tanpa pembukaan lahan baru untuk hutan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti vegetasi pada area lahan terbuka, padang, tegalan, dan

belukar/semak. Vegetasi pada area yang telah disebutkan umumnya termasuk golongan tanaman berakar dangkal, sehingga tidak dapat menyerap air sebesar tanaman berakar dalam. Penggantian dengan tanaman berakar dalam dapat meningkatkan tingkat penyerapan air di area tersebut secara spesifik dan di Kecamatan Cibinong secara umum.

Penentuan kondisi ideal tidak hanya berdasarkan luas hutan tetapi juga dapat ditentukan berdasarkan luas pemukiman. Perbandingan limpasan dengan pengisian air pada berbagai komposisi pemukiman dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Kurva neraca air komposisi luas pemukiman 0-100%

Gambar 6 menunjukkan menunjukkan CH_{lebih} dan limpasan berbanding lurus dengan luas pemukiman sedangkan pengisian air tanah berbanding terbalik dengan luas pemukiman. Kondisi ini berbanding terbalik dengan kurva neraca air berdasarkan luas hutan. Hal ini disebabkan hutan dapat menyerap air ke dalam tanah dan melakukan evapotranspirasi sehingga limpasan berkurang, sedangkan pemukiman menutup pori-pori tanah, yang berakibat pada penurunan penyerapan air tanah dan peningkatan limpasan.

Pada Gambar 6, limpasan dan pengisian air tanah berpotongan di titik (38.75, 764.69). Kondisi dikatakan ideal ketika pengisian air tanah melebihi limpasan, sehingga untuk memenuhi kondisi tersebut luas pemukiman ideal adalah kurang dari 38.75% dari luas total Kecamatan Cibinong. Tanda (X) pada grafik menunjukkan kondisi luas pemukiman Kecamatan Cibinong aktual, yaitu sebesar 68.91% dari luas total. Hal ini menunjukkan luas pemukiman di Kecamatan Cibinong melebihi batas ideal, hampir 2x lipat.

Luas pemukiman yang melebihi batas dapat berpengaruh pada penurunan penyerapan air ke dalam tanah dan peningkatan limpasan. Kecamatan Cibinong yang padat tidak memungkinkan alih fungsi lahan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan penyerapan air tanah adalah dengan membangun sumur resapan dan biopori di pekarangan rumah warga.

Status Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air

Status daya dukung lingkungan berbasis neraca air (DDL-air) dihitung untuk mengetahui kemampuan potensi suplai air di Kecamatan Cibinong dalam memenuhi kebutuhan air yang ada. Kebutuhan air dihitung menggunakan persamaan (10), sedangkan potensi suplai air dihitung berdasarkan curah hujan andalan. Hasil perhitungan diperoleh kebutuhan air Kecamatan Cibinong sebesar 636,974,400.00 m³/tahun sedangkan potensi suplai air sebesar 88,235,778.60 m³/tahun. Hasil perhitungan menunjukkan potensi suplai air Kecamatan Cibinong tahun 2015 tidak mampu memenuhi kebutuhan airnya.

Perhitungan DDL-air menghasilkan rasio *supply/demand* sebesar 0.14. Nilai tersebut dibandingkan dengan kriteria penetapan status DDL-air pada Tabel 2 berada dalam rentang kurang dari 1,

menandakan bahwa DDL-air Kecamatan Cibinong telah terlampaui (*overshoot*).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kapasitas simpan air dari 70.01 mm pada tahun 2013 menjadi 64.54 mm pada tahun 2015. Perubahan yang terjadi sebesar 5.47 mm, atau setara dengan 242,611.02 m³/tahun. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan luas pemukiman dan luas hutan. Status daya dukung lingkungan Kecamatan Cibinong tahun 2015 sebesar 0.14 menandakan daya dukung lingkungan telah terlampaui (*overshoot*). Upaya yang dapat dilakukan guna meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah dan menurunkan limpasan antara lain dengan mengganti tanaman berakar dangkal dengan tanaman berakar dalam yang mampu menyerap air lebih banyak, selain juga dengan membangun sumur resapan dan biopori di area pekarangan rumah penduduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed HI, Liu J. 2013. Evaluating reference crop evapotranspiration (ET_o) in the centre of Guanzhong Basin-Case of Xingping & Wugong, Shaanxi, China. *Engineering*. 5(5):459-468.
- Alghazali NOS, Alawadi DAH. 2014. Fitting statistical distributions of monthly rainfall for some Iraqi Stations. *Civil and Environmental Research*. 6(6):40-46.
- Ayu IW, Prijono S, Soemarno. 2013. Evaluasi ketersediaan air tanah lahan kering di Kecamatan Unter Iwes, Sumbawa Besar. *J-PAL* 4(1):18-25.
- [Bappedalitbang] Badan Perencanaan Pembangunan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten

- Bogor. 2013. Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Bogor 2013
- Bernadette IC, Moses AO, Martin IO. 2014. Evaluation of evapotranspiration using FAO Penman-Monteith method in Kano Nigeria. *International Journal of Science and Technology*. 3(11):698-703.
- Blažka P, Fischer Z. 2014. Moisture, water holding, drying and wetting in forest soils. *Open Journal of Soil Science*. 4(5):174-184.
- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2017. *Data iklim Kecamatan Cibinong periode 2007-2016* [Internet]. Bogor (ID): BMKG. [diunduh 2017 Mei 10]. Tersedia pada dataonline.bmkg.go.id
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. 2016. *Kecamatan Cibinong dalam Angka 2016*. Bogor (ID): BPS.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Penyusunan Neraca Sumber Daya - Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial*. SNI 19-6728.1-2002. Bogor (ID): BSN
- Chougule B. 2011. Environmental carrying capacity and ecotourism development. *International Journal of Economic Issues*. 4(1):45-54.
- Co'rdova M, Rojas GC, Crespo P, Wilcox B, Ce'lleri R. 2015. Evaluation of the Penman-Monteith (FAO 56 PM) Method for Calculating Reference Evapotranspiration Using Limited Data. *Mountain Research and Development*. 35(3):230-239.
- Doorenbos J, Pruitt WO. 1977. *Crop Water Requirements*. Roma (IT): FAO Irrigation and Drainage Paper.
- Ilman MT, Harisuseno D, Haji ATS. 2014. Studi limpasan permukaan di Perumahan Sawojajar I Kecamatan Kedungkandang Kota Malang menggunakan Sistem Informasi dan Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS) (Studi Kasus Kawasan Jalan Danau Sentani Raya). *Jurnal Teknik Pengairan*. 5(2):1-10
- Komaruddin N. 2008. Penilaian tingkat bahaya erosi di sub daerah aliran sungai Cileungsi, Bogor. *Jurnal Agrikultura*. 19(3):173-178.
- Lingling Z, Jun X, Chong-yu X, Zhonggen W, Leszek S, Cangrui L. 2013. Evapotranspiration estimation methods in hydrological models. *J. Geogr. Sci*. 23(2):359-369.
- Malamos N, Barouchas PE, Tsirogiannis IL, Liopa-Tsakalidi A, Koromilas T. 2015. Estimation of monthly FAO Penman-Monteith evapotranspiration in GIS environment, through a geometry independent algorithm. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 4(1):290-299.
- Manik TK, Rosadi RB, Karyanto A. 2012. Evaluasi metode Penman-Monteith dalam menduga laju evapotranspirasi standar (ET0) di dataran rendah Propinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP)*. 26(2):121-128.
- Oktaviani, Triyono S, Haryono N. 2013. Analisis neraca air budidaya tanaman kedelai (*Glycine max* [L] Merr.) pada lahan kering. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2(1):7-16.
- Perwitasari SDN, Bafdal N. 2016. Penjadwalan irigasi berbasis neraca air pada sistem pemanenan air limpasan permukaan untuk pertanian lahan kering. *Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP)*. 4(2):219-226.
- Prastowo. 2010. *Daya Dukung Lingkungan Aspek Sumberdaya Air*. Working Paper P4W. Bogor (ID): Crestpent Press.
- Pratiwi P, Salim AG. 2013. Aplikasi teknik konservasi tanah dengan sistem

- rorak pada tanaman gmelina (*Gmelina arborea* Roxb) di KHDTK Carita, Banten. *Jurnal penelitian Hutan dan onservasi Alam*. 10(3): 273-282.
- [PRI] Pemerintah Republik Indonesia (ID). 2012. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012. Jakarta (ID): Depkumham.
- Sagarika R, Ophori D. 2012. Assessment of water balance of the semi-arid region in Southern San Joaquin Valley California using Thornthwaite and Matherís model. *Journal of Environmental Hydrology*. 20(15):1-9.
- Schwab GO, Frevert RK, Edminster TW, Barnes KK. 1981. *Soil and Water Conservation Engineering*. New York (US): John Wiley and Sons. Inc
- Sofan, Febrianti N, Prasasti I. 2014. Estimasi limpasan permukaan dari data satelit untuk mendukung peringatan dini bahaya banjir di wilayah Jabodetabek. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 11(1):43-62.
- Sudhishri S, Dass A, Paikaray NK. 2007. Water balance studies and strategies for combating water deficit in Upper Kolab catchment of Orissa. *Hydrology Journal*. 30(3-4):103-116.
- Thornthwaite CW, Mather JR. 1957. *Instruction and Table for Computing Potensial Evapotraspiration and Water Balance*. New Jersey (US): Centerton.
- Verrina GP, Anugrah DD, Sarino. 2013. Analisa *runoff* pada Sub DAS Lematang Hulu. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 1(1):22-31.
- Zulkipli, Soetopo W, Prasetyo H. 2012. Analisa neraca air permukaan DAS renggung untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan domestik penduduk Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Teknik Pengairan*. 3(2):87-96